

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Dopravní zařízení pro tryskací stroje

Transport Equipment of Blast Machines

Student:

Jiří Spurný

Vedoucí práce:

Ing. Jan Nečas, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Spurný**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R003 Dopravní stroje a manipulace s materiálem**
Téma: **Dopravní zařízení pro tryskáčské stroje**
Transport Equipment of Blast Machines

Zásady pro vypracování:

Navrhnete dopravní zařízení pro dopravu vysoce abrazivních materiálů do čističe tryskáčského stroje.

1. Vypracujte řešení z oblasti novinek v dané oblasti dopravy a manipulace.
2. Technologické schéma dopravní linky.
3. Konstruktivní návrh řešení.
4. Potřebné technologické a pevnostní výpočty, technický popis.

Seznam doporučené odborné literatury:


Polák, J. Bailotti, K. Pavliska, J. Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0493-X
Cvekl, Z. Dražan, F.: Teoretické základy transportních zařízení, Praha: SNTL Praha, 1976
Dražan, F., Kupka, L.: Transportní zařízení, Praha: SNTL/SVTL Praha, 1966.
Polák, J., Pavliska J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
Pešat, Z.: Manipulace s materiálem v hutích I. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1992, ISBN 80-7078-107-6
Prospekty, firemní materiály

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Nečas, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

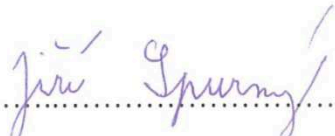


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

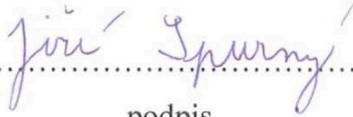
V Ostravě dne 20. května 2013

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35, odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu o oprávnění užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu užití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2013

.....

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Spurný

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Tř. Svornosti 899/55

779 00 Olomouc

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SPURNÝ, J. *Dopravní zařízení pro tryskací stroje: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2013, 42 s., Vedoucí práce: Ing. Jan Nečas, Ph.D.

Tato bakalářská práce zpracovává návrh korečkového elevátoru, který slouží k dopravě tryskacího materiálu u tryskacích strojů. Jedná se o svislý dopravník o dopravní výšce 2 m. Dopravní pás jsem zvolil z PVC o šířce 200 mm. Nekonečný dopravní pás je spojen sešroubováním. Pro pohon korečkového elevátoru jsem zvolil elektromotor se šnekovou převodovkou o výkonu 0,75 kW.

ANNOTATION OF THESIS

SPURNÝ, J. *Transport Equipment of Blast Machines: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, xx p. Thesis head: Ing. Jan Nečas, Ph.D.

Bachelor thesis deals with concept of bucket conveyor, which is used for transport of blast material near blast machines. This machine is vertical conveyor with transport height of 2 meters. I chose a PVC conveyor belt with width of 0.2 meter. Conveyor belt is gear into a loop. I chose a worm gear with power of 0.75 kW for drive of the conveyor belt.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Rozdělení manipulačních prostředků.....	10
2.1	Dopravníky pro sypké materiály	11
3	Volba variant.....	13
4	Korečkové elevátory	13
4.1	Hlavní části korečkového elevátoru	14
4.2	Tažný prvek	14
4.3	Korečky	15
4.4	Pohon	16
4.5	Napínání	16
5	Hlavní vize v heslech	16
6	Technologický výpočet.....	16
6.1	Zadané hodnoty	16
6.2	Volba rychlosti	17
6.3	Vyprazdňování obsahu korečků	18
6.4	Určení náhradního potřebného průřezu	19
6.5	Určení objemu roztečí korečku	19
6.6	Určení velikosti obvodové síly	20
6.7	Potřebný provozní výkon motoru	21
6.8	Určení napínací síly	21
6.9	Určení maximální tahové síly v tažném prvku	22
6.10	Volba korečku	22
6.11	Volba dopravního pásu	23
6.12	Volba elektromotoru	24
6.13	Volba převodovky	24
6.14	Stanovení délkového zatížení korečků a pásu	25
6.15	Stanovení tahů v nabíhající straně hnacího bubnu	26
6.16	Stanovení tahů v sbíhající straně hnacího bubnu	26
6.17	Eulerův vztah pro vláknové tření	26
6.18	Stanovení síly působící na hnací buben.....	26
7	Výpočet hřídele hnacího bubnu	27
7.1	Kontrola hřídele v kritických místech	28
7.1.1	Kritický průřez 1	28
7.1.2	Kritický průřez 2	30

8	Kontrola per	32
9	Kontrola ložisek	35
10	Technický popis	38
11	Závěr	39
	SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ	40
	SEZNAM PŘÍLOH	41

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

a	vzdálenost hrany korečku od osy bubnu	[m]
A_L	vzdálenost síly $T/2$ od osy ložiska B	[mm]
b_1	šířka pera 1	[mm]
b_2	šířka pera 2	[mm]
B_L	vzdálenost druhé složky síly $T/2$ od osy ložiska B	[mm]
C	dynamická únosnost ložiska	[N]
C_0	statická únosnost ložiska	[N]
C_L	vzdálenost reakcí R_A a R_B	[mm]
D	průměr bubnu	[m]
d_1	průměr hřídele v bodě 1	[mm]
d_2	průměr hřídele v bodě 2	[mm]
d_{j1}	průměr hřídele v bodě 1 zeslabený o drážku na pero	[mm]
d_{j2}	průměr hřídele v bodě 2 zeslabený o drážku na pero	[mm]
f	součinitel tření	[-]
F	obvodová síla	[N]
F_0	napínací síla pro pásový tažný prvek	[N]
F_1	síla potřebná pro překonání pohybových odporů dopravníku	[N]
F_2	síla potřebná pro překonání dopravní výšky	[N]
$F_{2NAVÝŠENÁ}$	síla potřebná pro překonání pohybových odporů dopravníku o 10% navýšenou	[N]
F_a	axiální síla v ložisku	[N]
F_e	ekvivalentní zatížení ložiska	[N]
F_p	síla potřebná pro překonání odporu při plnění korečku	[N]
F_R	radiální síla v ložisku	[N]
F_{T1}	síla působící na bok pera 1	[N]
F_{T2}	síla působící na bok pera 2	[N]
F_z	napínací síla	[N]
g	gravitační zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
H	osová vzdálenost bubnů	[m]
h_1	pádová výška materiálu	[m]
H_D	dopravní výška	[m]
i_p	převodový poměr	[-]
$k\phi$	součinitel plnění korečku	[-]
k_s	statická bezpečnost proti prokluzu	[-]
l_1	délka pera 1	[mm]
l_2	délka pera 2	[mm]
L_{10H1}	trvanlivost ložiska hnacího bubnu při pravděpodobnosti 90%	[hod]
L_{10H2}	trvanlivost ložiska vratného bubnu při pravděpodobnosti 90%	[hod]
M_{kh}	kroutící moment hřídele hnacího bubnu	[N·m]
M_{o2}	Ohybový moment v kritickém průřezu 2	[N·mm]
M_{oA}	ohybový moment v bodě A	[N·mm]
n_B	otáčky bubnu	$[min^{-1}]$
n_M	otáčky elektromotoru	$[min^{-1}]$
p_1	tlak působící na bok pera 1	[Mpa]
p_2	tlak působící na bok pera 2	[Mpa]
P	potřebný provozní výkon motoru	[kW]

p_D	dovolené napětí v tlaku	[Mpa]
Q	dopravní výkon	[t·h ⁻¹]
q_D	délkové zatížení od hmotnosti pásu	[N·m ⁻¹]
q_k	délkové zatížení od hmotnosti pásu	[N·m ⁻¹]
Q_v	dopravní výkon hodinový	[m ³ ·h ⁻¹]
R_A	reakce v ložisku A	[N]
R_B	reakce v ložisku B	[N]
S_1	plocha pera 1	[mm ²]
S_2	plocha pera 2	[mm ²]
S_p	náhradní potřebný průřez	[m ²]
T	síla působící na hnací buben	[N]
$t_{1.1}$	hloubka drážky v náboji 1	[mm]
$t_{1.2}$	hloubka drážky v náboji 2	[mm]
t_k	rozteč korečků	[m]
T_{max}	maximální tahová síla	[N]
T_n	tah v nabíhající straně hnacího bubnu	[N]
T_s	tah v sbíhající straně hnacího bubnu	[N]
v	rychlost dopravního pásu	[m·s ⁻¹]
v_1	dopadová rychlost materiálu	[m·s ⁻¹]
V_k	objem korečků	[m ³]
W_{k1}	průřezový modul v krutu v bodě 1	[mm ³]
W_{k2}	průřezový modul v krutu v bodě 1	[mm ³]
X	Součinitel ložiska	[-]
Y	Součinitel ložiska	[-]
η	účinnost poháněcí stanice	[-]
ρ_s	sytná hmotnost materiálu	[kg·m ⁻³]
ρ_v	objemová hmotnost materiálu	[kg·m ⁻³]
σ_{02}	ohybový moment v bodě 2	[Mpa]
σ_{red2}	Redukovaný ohybový moment v bodě 2	[Mpa]
τ_{k1}	napětí v krutu v bodě 1	[Mpa]
τ_{k2}	napětí v krutu v bodě 2	[Mpa]
τ_s	dovolené napětí ve stříhu	[Mpa]
τ_{s1}	napětí ve stříhu v bode 1	[Mpa]
τ_{s2}	napětí ve stříhu v bode 2	[Mpa]
ω	úhlová rychlost	[rad·s ⁻¹]

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je návrh korečkového elevátoru pro dopravu tryskacího materiálu. Materiál o objemové hmotnosti $\rho_v = 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ bude dopravován svisle mezi bubny o osové vzdálenosti $H = 2 \text{ m}$.

Pro dopravu materiálu jsem zvolil korečkový elevátor. Tento elevátor má tažný prvek z PVC s lisovanými svařovanými ocelovými korečky. Korečky jsou k pásu připevněny pomocí šroubů. Pro tento dopravník jsem navrhl poháněcí stanici se šnekovou převodovkou a asynchronním elektromotorem s kotvou nakrátko.

Výpočet korečkového elevátoru je proveden pro zvolenou rychlost $v = 1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a šířku dopravního pásu 200 mm. V dopravníku jsou použity hladké ocelové bubny o průměru 400 mm.

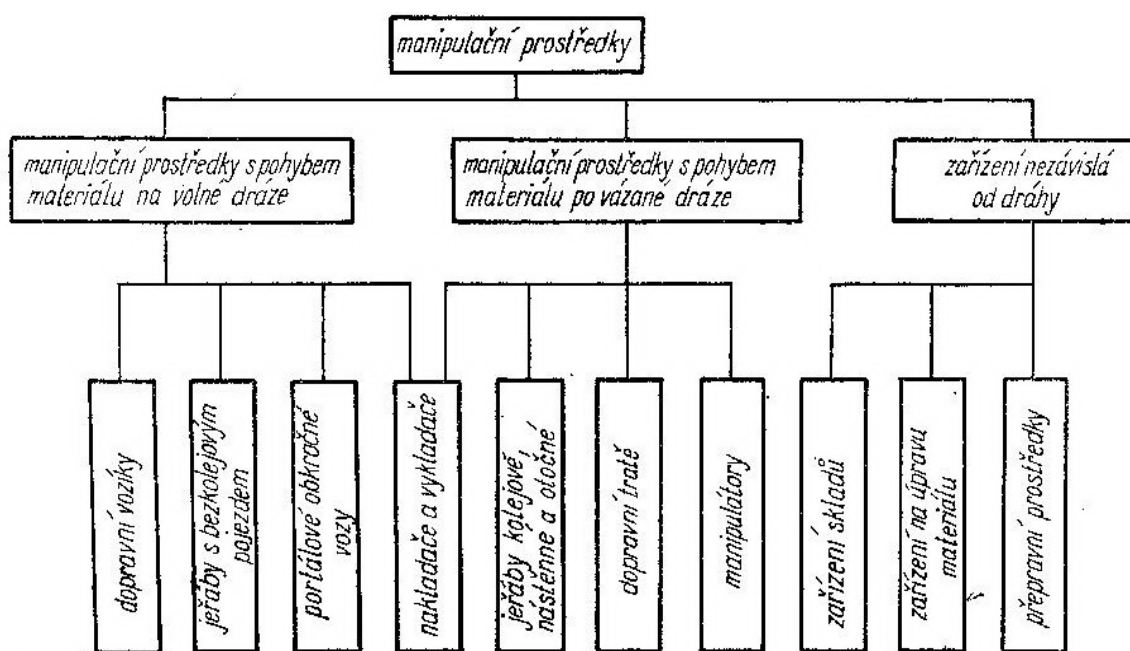
2 Rozdělení manipulačních prostředků

Prostředky pro manipulaci s materiálem lze třídit z různých hledisek. Z hlediska: dráhy manipulovaného materiálu, časové spojitosti pracovního procesu, silového působení na manipulovaný materiál a manipulovaného materiálu.

Dělení dle dráhy manipulovaného materiálu:

- prostředky s pohybem materiálu na volné dráze
- prostředky s pohybem materiálu na vázané dráze
- prostředky nezávislé na dráze

Přehled třídění manipulačních prostředků z tohoto hlediska podává Obr. 2.1.



Obr. 2.1: Rozdělení manipulačních prostředků z hlediska vazby k dráze [3]

Dělení dle časové spojitosti pracovního procesu:

- kontinuálně pracující prostředky
- periodicky pracující prostředky

Dělení dle silového působení na manipulovaný materiál:

- gravitační
- s mechanickým přenosem sil
- s dopravou v pomocném médiu

Dělení dle manipulovaného materiálu:

- manipulace se sypkými hmotami
- manipulace s kusovými hmotami
- manipulace s kapalinami a plyny

2.1 Dopravníky pro sypké materiály

Tato zařízení s plynulou hromadnou dopravou slouží k manipulaci sypkých a kusovitých hmot nebo kusových předmětů. Materiál je dopravován na vzdálenost několika metrů až několika kilometrů ve vodorovném, vertikálním anebo nakloněném směru nahoru či dolů. Pohon je zajišťován lidskou silou, vlastní tíhou nebo soustrojím. Strojní pohon je většinou elektrický nebo spalovací motor. Je však možno pohánět zařízení i jinými druhy pohonu. Např. ve výbušném prostředí lze použít pneumatický pohon.

Stroje na hromadnou plynulou dopravu rozdělujeme na tři základní skupiny:

- mechanické dopravníky
- pneumatické dopravníky
- hydraulické dopravníky

Mechanické dopravníky rozdělujeme na dvě skupiny:

- dopravníky s tažným prvkem
- dopravníky bez tažného prvku

Dopravníky s tažným prvkem rozdělujeme dále na:

Pásové: - s pryžovým pásem
- s ocelovým pásem

Článekové: - normálně článkové nebo segmentové
- speciální (např. pohyblivé schodiště)

Vozíkové

Podvěsné

Hrnoucí - redlery
- hřeblové
- lopátkové, hrabicové a podobné typy

Korečkové - elevátory
- koveyory

Dopravníky bez tažného prvku rozdělujeme dále na:

- šnekové dopravníky
- třasadla
- dopravní žlaby a podobná zřízení
- válečkové klanicové tratě

Hydraulické dopravníky rozdělujeme na:

- tlakové
- beztlakové

Pneumatické dopravníky rozdělujeme na:

- sací
- tlakové
- smíšené

Dle vlastní pohyblivosti rozdělujeme na:

- nepojízdné
- pojízdné
- přenosné. [3]

3 Volba variant

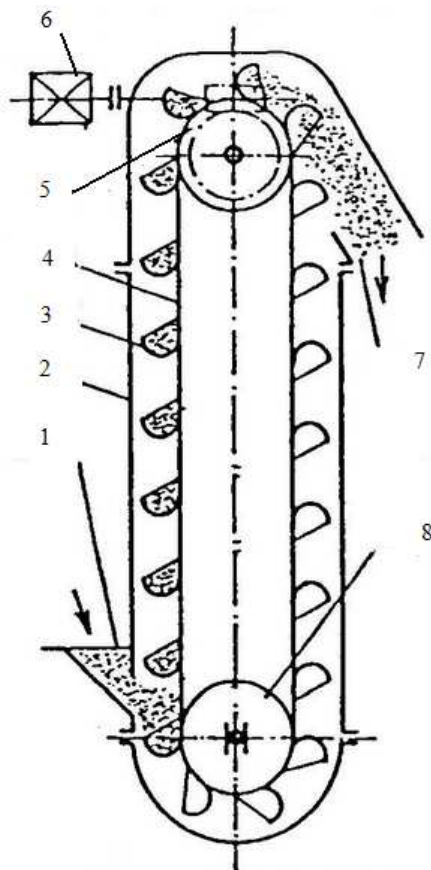
Vzhledem k dané dopravní výšce a dopravovanému množství materiálu se jeví jako nejlepší možnost využít k dopravě korečkového elevátoru. Na dopravní trase je přepravován abrazivní materiál. Další možnou nejvíce vhodnou možností je dopravník Schrage. Vzhledem k malé dopravní výšce a malému dopravovanému množství ve svislém směru je však vhodnějším řešením korečkový elevátor.

4 Korečkové elevátory

Korečkové elevátory mechanicky dopravují sypký materiál ve svislém nebo strmém směru. Mezi dvěma bubny je napnut tažný prvek, ke kterému jsou připevněny korečky, ve kterých je materiál běžně přepravován v malém a středním množství na dopravní výšku do 40m. Elevátor má obvykle poháněcí stanici umístěnou nahoře a napínací ústrojí dole a bývá uzavřen v prachotěsné šachtě.

4.1 Hlavní části korečkového elevátoru

Hlavní části korečkového elevátoru tvoří násypka (1), šachta (2), koreček (3), tažný člen (4), hnací buben (5), poháněcí stanice (6), výsypka (7), napínací buben (8).



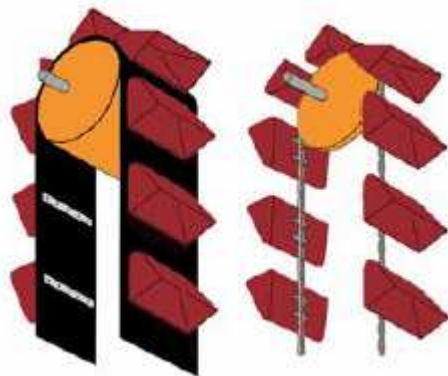
Obr. 4.1: Schéma korečkového elevátoru[4]

4.2 Tažný prvek

Nejčastěji se jako tažný prvek používají řetězy nebo dopravní pásy. Řetězy dosahují nižšího dopravního výkonu kvůli nízké dopravní rychlosti. Jejich výhodou je možnost provozu při vysokých teplotách. Mohou být užity řetězy článkové, sponové transportní anebo sponové zvedací.

Výhodou dopravních pásů je vyšší dopravní rychlost. Nejčastějšími materiály, ze kterých je tvořen dopravní pás jsou polyvinylchlorid nebo pryž. Mají obvykle

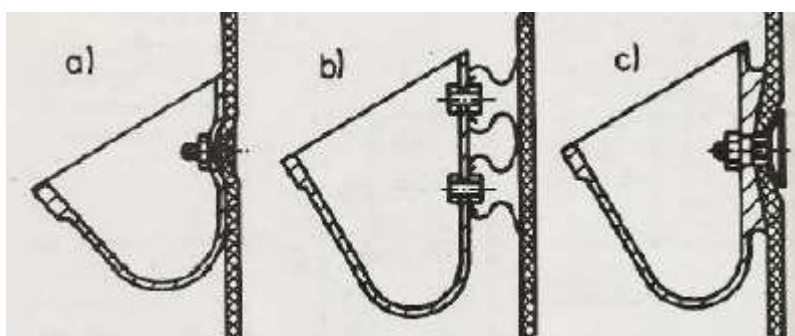
vložky z textilu, umělých vláken nebo ocelových lan. Šířka dopravního pásu je volena v závislosti na šířce korečku dle norem.



Obr. 4.2: Tažný člen [2]

4.3 Korečky

Korečky jsou tvarovány podle druhu materiálu, který dopravují. Jsou členěny do šesti profilů, označených písmeny A až F. Obvyklý objem korečku je 0,63 až 80 litrů. Nejčastěji jsou vyráběny z plechu lisováním a svařováním. V některých aplikacích se může použít plastů nebo různých slitin. Korečky jsou připevněny na dopravní pás speciálními talířovými šrouby (a), navulkanizováním (b) anebo speciálními segmenty (c).



Obr. 4.3: Uchycení korečků k dopravnímu pásu [2]

4.4 Pohon

V hlavě elevátoru je uchycena poháněcí stanice. Ta pohání celou soustavu. Stanice musí být opatřena brzdou z důvodu zajištění udržení prvku v klidu.

4.5 Napínání

Napnutí tažného členu, potřebné pro přenos sil na hnacím bubnu vyvozuje tíha součástí. Pokud tento účinek není dostatečný, je potřeba jej zvětšit pomocí napínacích šroubů, nebo závažími. Potřebný zdvih bývá 200 až 500 mm.

5 Hlavní vize v heslech

- násypný způsob plnění, gravitační způsob vyprazdňování
- hlava a pata samonosná nezávisle na šachtě elevátoru
- tažným prvkem dopravní pás z PVC
- korečky šroubované
- otěrové plochy konstrukce vyloženy materiálem HARDROX
- poháněcí stanici tvoří násuvná šneková převodovky poháněná asynchronním elektromotorem s kotvou nakrátko
- k zabránění zpětného chodu ve vypnutém stavu elevátoru slouží volnoběžná spojka

6 Technologický výpočet

6.1 Zadané hodnoty

Osová vzdálenost bubnů

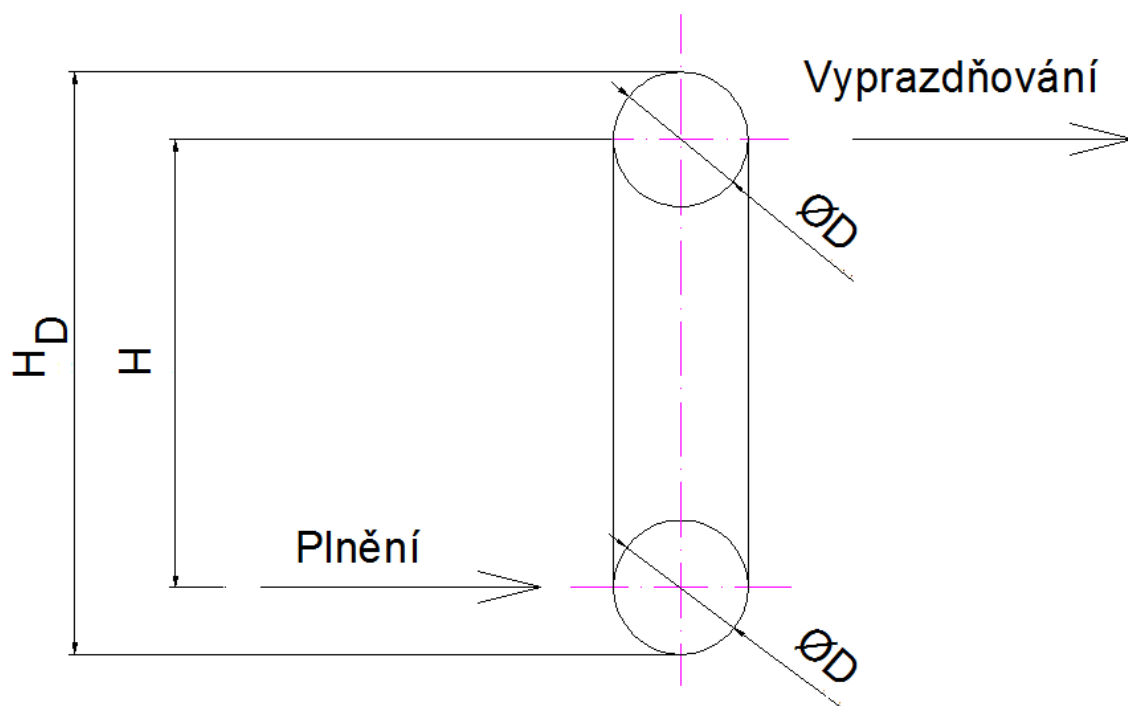
$$H = 2m$$

Dopravní výkon

$$Q_v = 7m^3 \cdot h^{-1}, Q = 33,6 t \cdot h^{-1}$$

Objemová hmotnost materiálu $\rho_v = 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Sypná hmotnost materiálu $\rho_s = 4800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$



Obr. 6.1.1: Schéma pro technologický výpočet

$$H_D = H + \frac{D + D}{2} \quad (6.1)$$

$$H_D = 2 + \frac{0,4 + 0,4}{2}$$

$$H_D = 2,4 \text{ m}$$

kde:

H_D - Dopravní výška [m]

D - Průměr bubnu [m]

6.2 Volba rychlosti

$$v = 1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

6.3 Vyprazdňování obsahu korečků

Na hmotu m ležící v korečku působí při rotačním pohybu odstředivá síla $C = m \cdot g \cdot \omega^2$ a vlastní tíha $G = m \cdot g$. Výslednice obou sil V protíná svislou osu elevátoru v bodě M , který se nazývá pól elevátoru. Jeho polohu danou vzdáleností a lze určit z podobnosti trojúhelníků:

$$\begin{aligned}\frac{a}{m \cdot g} &= \frac{r}{m \cdot r \cdot \omega^2} \\ \Rightarrow a &= \frac{g}{\omega^2}\end{aligned}\tag{6.2}$$

Je-li $a > r_i$, převládá vliv odstředivé síly, materiál opouští koreček přes vnější hranu v II. Kvadrantu. Dochází tedy k odstředivému vyprazdňování korečků.

Je-li $a > r_a$ převládá vliv gravitace. Materiál opouští koreček přes vnitřní hranu v I. kvadrantu. Dochází tedy ke gravitačnímu vyprazdňování korečků. [4]

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_B \tag{6.3}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,9947$$

$$\omega = 6,25 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$a = \frac{g}{\omega^2}$$

$$a = \frac{9,81}{6,25^2}$$

$$a = 0,2511 \text{ m}$$

$$\frac{V_k}{t_k} \geq S_p \quad (6.5)$$

$$\frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{0,37} > 2,59259 \cdot 10^{-3}$$

$$3,243 \cdot 10^{-3} > 2,59259 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.6 Určení velikosti obvodové síly

$$F = F_1 + F_2 + F_p \quad (6.6)$$

Síla F_1 je pro svislé dopravníky téměř zanedbatelná. Je doporučeno zvýšit vypočtenou sílu F_2 o 10%.

$$F_2 = \frac{V_k}{t_k} \cdot k_\varphi \cdot \rho_v \cdot g \cdot H_D \quad (6.7)$$

$$F_2 = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{0,37} \cdot 0,6 \cdot 7850 \cdot 9,81 \cdot 2,4$$

$$F_2 = 360 N$$

Navýšená síla F_2 :

$$F_{2NAVÝŠENÁ} = 396 N$$

$$v_1 = (2 \cdot g \cdot h_1)^{0,5} \quad (6.8)$$

$$v_1 = (2 \cdot 9,81 \cdot 0,4)^{0,5}$$

$$v_1 = 2,8 m \cdot s^{-1}$$

$$F_p = V_k \cdot k_\varphi \cdot \rho_v \cdot (v + v_1) \cdot \frac{v}{t_k} \quad (6.9)$$

$$F_p = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 7850 \cdot (1,25 + 2,8) \cdot \frac{1,25}{0,37}$$

$$F_p = 78 N$$

$$F = F_1 + F_{2NAVÝŠENÁ} + F_p \quad (6.10)$$

$$F = 0 + 396 + 78$$

$$F = 474 N$$

Dále je síla F zaokrouhlena na desítky Newtonů:

$$\underline{F = 480N}$$

kde:

F - obvodová síla [N]

F_1 - síla potřebná pro překonání pohybových odporů dopravníku [N]

F_2 - síla potřebná k překonání dopravní výšky [N]

F_p - síla potřebná k překonání odporu při plnění korečků [N]

6.7 Potřebný provozní výkon motoru

$$P = \frac{F \cdot v}{10^3 \cdot \eta} \quad (6.11)$$

$$P = \frac{480 \cdot 1,25}{10^3 \cdot 0,85}$$

$$P = 0,71kW$$

kde: η - účinnost poháněcí stanice [-]

6.8 Určení napínací síly

$$F_z \geq 2 \cdot \left[\frac{k_s \cdot F}{e^{\mu \cdot \pi} - 1} - \left(q_D + \frac{m_k}{t_k} \right) \cdot g \cdot H_D \right] \quad (6.12)$$

$$F_z \geq 2 \cdot \left[\frac{1,3 \cdot 480}{e^{0,08 \cdot \pi} - 1} - \left(19,62 + \frac{0,55}{0,37} \right) \cdot 9,81 \cdot 2,4 \right]$$

$$F_z \geq 3374N$$

$$F_z \cong 3800N$$

$$F_0 \geq 0,5 \cdot F_z + \left(m_p + \frac{m_k}{t_k} \right) \cdot g \cdot H_D \quad (6.13)$$

$$F_0 \geq 0,5 \cdot 3800 + \left(19,62 + \frac{0,55}{0,37} \right) \cdot 9,81 \cdot 2,4$$

$$F_0 \geq 2397N$$

$$F_0 \cong 2400N$$

kde: k_s - statická bezpečnost proti prokluzu [-]

6.9 Určení maximální tahové síly v tažném prvku

$$T_{\max} = 0,5 \cdot F_z + F + \left(m_p + \frac{m_k}{t_k} \right) \cdot g \cdot H_D \quad (6.14)$$

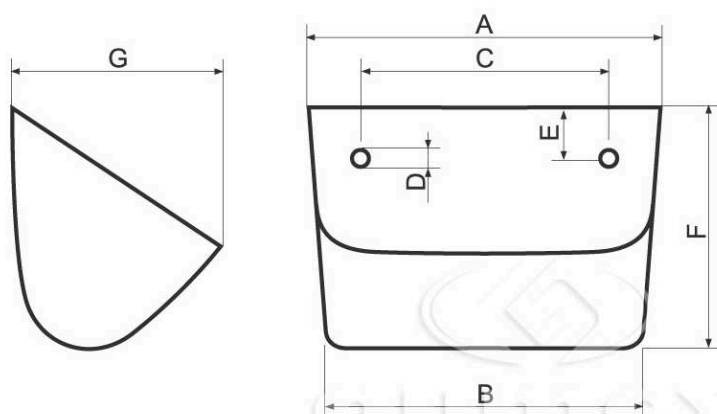
$$T_{\max} = 0,5 \cdot 3800 + 480 + \left(10 + \frac{0,55}{0,37} \right) \cdot 9,81 \cdot 2,4$$

$$T_{\max} = 2651 N$$

6.10 Volba korečku

Volím koreček SPS 160-140/1,5 dodávaný firmou Gumex, s. r. o. [6]

Hlavní rozměry:



Obr. 6.10.1: Schéma korečku [6]



Obr. 6.10.2: Fotografie zvoleného korečku [6]

Obj. kód	Typ/sila materiálu (mm)	A Šíře horní (mm)	F Výška (mm)	G Hloubka (mm)	Rozteč děr (mm)/ počet děr	Obsah (dm ³ , voda)	Hmotnost (kg/mj)
1846160	SPS 160-140/1,5	166	112	147	100/2	1,2	0,55

Obr. 6.10.3: Tabulka hodnot elektromotoru [6]

6.11 Volba dopravního pásu

Volím dopravní pás 6T 48 V3-V3 dodávaný firmou Gumex, s. r. o.. [6]

Hlavní rozměry:

	4T 32 V3-V3	5T 40 V3-V3	6T 48 V3-V3
Původní označení	800/4 EP XE	1000/5 EP XE	1200/6 EP XE
Spodní vrstva pásu	PVC 0,3 mm		
Tvrdost	60 Sh A		
Barva	písková		
Pevnostní vložka	4x PES kord	5x PES kord	6x PES kord
Vrchní strana	PVC 0,3 mm		
Tvrdost	60 Sh A		
Celk. tloušťka pásu	5,5 mm	7 mm	8,5 mm
Hmotnost	6,8 kg/m ²	8,5 kg/m ²	10 kg/m ²
Prodloužení o 1%	32 N/mm	40 N/mm	48 N/mm
Max. zatížení	50 N/mm	70 N/mm	88 N/mm
Teplotní odolnost	-10 °C až +60° C		
Min. Ø válců	200 mm	280 mm	350 mm
Pro vratné vedení	350 mm	450 mm	600 mm
Koeficient tření k oceli	0,4		
Permanent. antistatik	ano		
Max. výrobní šíře	1400 mm		

Obj. kód	Typ	Síla (mm)	Šířka (mm)	Minimální průměr hnacího bubnu (mm)	Hmotnost (kg/m ²)	Balení (info)	Jednotka
0847200	6T 48 V3-V3	8,5	200	350	10	20	m ²

[6]

Obr. 6.11.1: Tabulka hodnot dopravního pásu

6.12 Volba elektromotoru

Volím elektromotor 1LA7 083-4AA dodávaný firmou Siemens, a. s. [9]

Jmen. výkon	Velikost	Objednáací číslo	Otáčky	Parametry při jmenovitém výkonu				Poměrný záběrný moment	Poměrný záběrný proud	Poměrný moment zvrátu	Momentová třída	Momentová charakteristika	Moment setrvačnosti	Hmotnost
		Označení pro napětí a tvar viz tabulka níže	Účinnost η	Účinnost $\cos \varphi$	Jmenovitý proud při 400 V	Jmenovitý moment		M_z/M_n	I_z/I_n	M_{\max}/M_n		Diagram č. (str. 15)	J	Tvar IM B3
		4-pól, 1500 min ⁻¹ , 50Hz	100% 75%		A	N m		-	-	-	KL		kg m ²	kg
0,75	80	1LA7 083-4AA..	1395 72 72	0,81	1,86	5,1		2,3	4,2	2,3	16	3	0,0018	9,4

Obr. 6.12.1: Tabulka hodnot elektromotoru [9]

6.13 Volba převodovky

Otáčky bubnu

$$n_B = \frac{v}{\pi \cdot D} \quad (6.15)$$

$$n_B = \frac{1,25}{\pi \cdot 0,4}$$

$$n_B = 0,9947 s^{-1}$$

$$n_B = 59,683 \text{ min}^{-1}$$

Při použití zvoleného elektromotoru pro pohon dopravníku jsou otáčky elektromotoru:

$$n_M = 1395 \text{ min}^{-1}$$

$$i_p = \frac{n_M}{n_B} \quad (6.16)$$

$$i_p = \frac{1395}{59,683}$$

$$i_p = 23,37$$

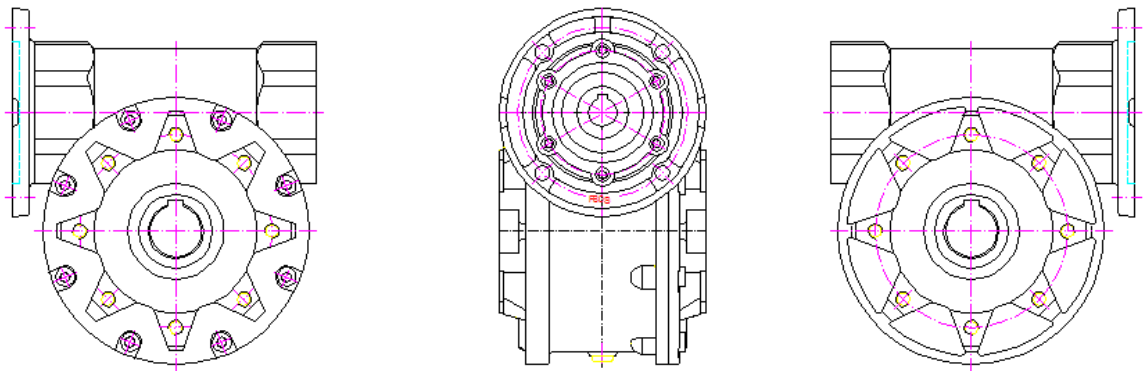
Volba převodovky vychází z požadavku na dodržení převodového poměru a schopnosti přenést výkon vycházející z elektromotoru.

Volím převodovku MRT 80 dodávanou firmou TOS Znojmo, a. s. [8]

0.75kW		$n_1=1400 \text{ [min.}^{-1}\text{]}$		80-4p	St. mot. přiruba
n_2	i	M2	Sf	velikost	
$[\text{min.}^{-1}]$	$[-]$	$[\text{Nm}]$	$[-]$	-	
56	25	106	2,1	MRT 80	F80M (130)

[8]

Obr. 6.13.1: Tabulka hodnot převodovky MRT 80



Obr. 6.13.2: Náčres převodovky [8]

6.14 Stanovení délkového zatížení korečků a pásu

$$q_k = \frac{m_k \cdot g}{t_k} \quad (6.17)$$

$$q_k = \frac{0,55 \cdot 9,81}{0,37}$$

$$q_k = 14,6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$q_D = 19,62 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

kde:

q_D - délkové zatížení od hmotnosti pásu $[\text{N} \cdot \text{m}^{-1}]$

q_k - délkové zatížení od hmotnosti korečků $[\text{N} \cdot \text{m}^{-1}]$

6.15 Stanovení tahů v nabíhající straně hnacího bubnu

$$T_n = \frac{F_z}{2} + H_D \cdot (q_D + q_k) + F \quad (6.18)$$

$$T_n = \frac{3800}{2} + 2,4 \cdot (19,62 + 14,6) + 480$$

$$T_n = 2463N$$

6.16 Stanovení tahů v sbíhající straně hnacího bubnu

$$T_s = \frac{F_z}{2} + H_D \cdot (q_D + q_k) \quad (6.19)$$

$$T_s = \frac{3800}{2} + 2,4 \cdot (19,62 + 14,6)$$

$$T_s = 1983N$$

6.17 Eulerův vztah pro vláknové tření

$$\frac{T_n}{T_s} \leq e^{f \cdot \alpha} \quad (6.20)$$

$$\frac{2463}{1983} \leq e^{0,4 \cdot 3,14}$$

$$1,243 < 3,52$$

\Rightarrow vyhovuje

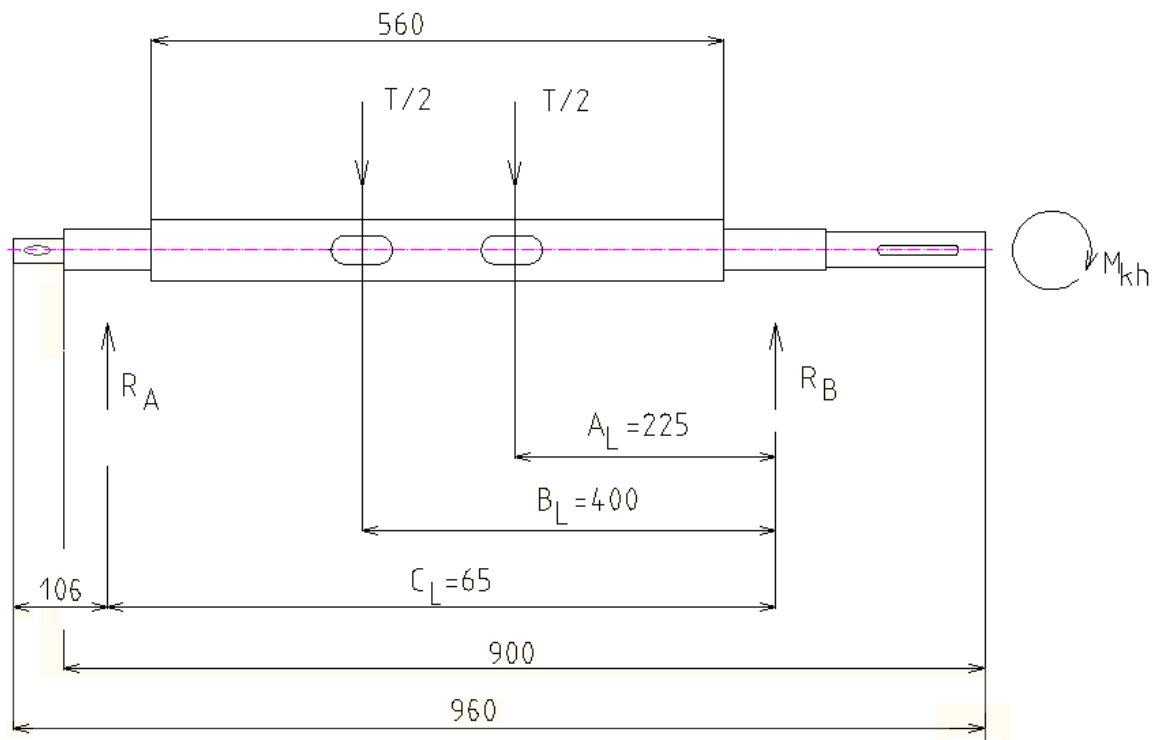
6.18 Stanovení síly působící na hnací buben

$$T = T_n + T_s \quad (6.21)$$

$$T = 2463 + 1983$$

$$T = 4446N$$

7 Výpočet hřídele hnacího bubnu



Obr. 7.1: Výpočtové schéma hřídele

$$\Sigma F_x = 0 \quad 0 = 0 \quad (7.1)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad -R_B + \frac{T}{2} - R_A + \frac{T}{2} = 0 \quad (7.2)$$

$$\Sigma M_{oA} = 0 \quad \frac{T_1}{2} \cdot A_L + \frac{T_1}{2} \cdot B_L - R_B \cdot C_L = 0 \quad (7.3)$$

Velikost reakcí v ložiscích bude zjištěna z této soustavy rovnic:

Reakce v ložisku B:

$$R_B = \frac{\frac{T}{2} \cdot A_L + \frac{T}{2} \cdot B_L}{C_L} \quad (7.4)$$

$$R_B = \frac{\frac{4446}{2} \cdot 225 + \frac{4446}{2} \cdot 400}{650}$$

$$R_B = 2137,5N$$

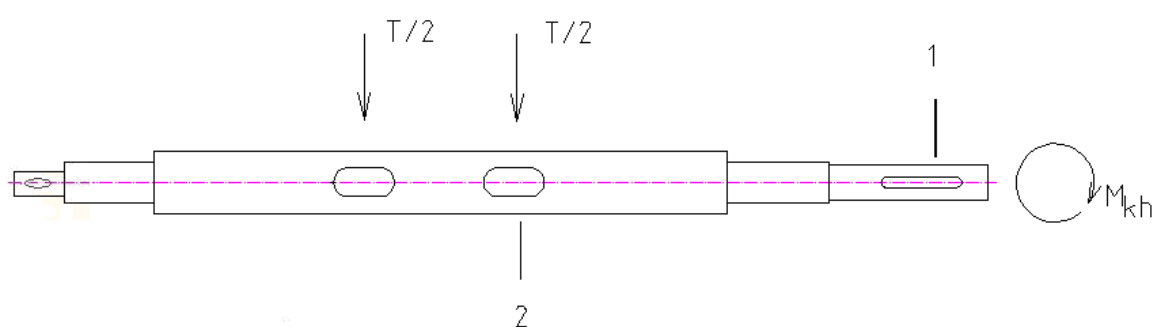
Reakce v ložisku A

$$R_A = -R_B + \frac{T}{2} + \frac{T}{2} \quad (7.5)$$

$$R_A = -2137,5 + \frac{4446}{2} + \frac{4446}{2}$$

$$R_A = 2308,5N$$

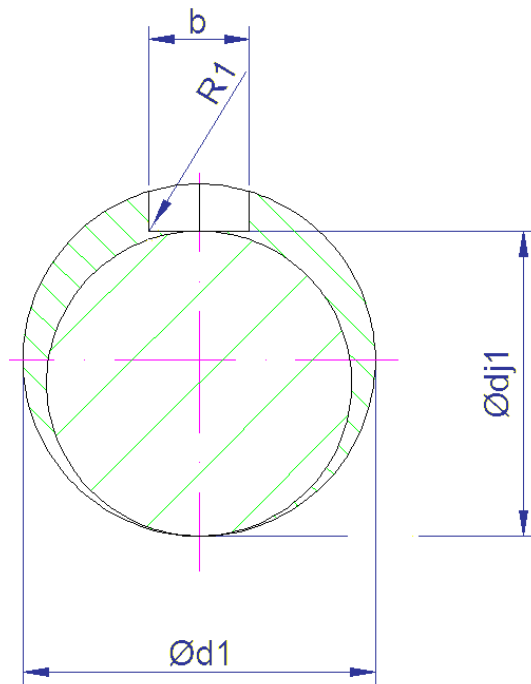
7.1 Kontrola hřídele v kritických místech



Obr. 7.2: Schéma hřídele s naznačenými kritickými průřezy

7.1.1 Kritický průřez 1

V místě kritického průřezu **1** má hřídel nejmenší průměr a je ztenčena drážkou pro těsné pero. V tomto místě je nulové ohybové napětí, proto je provedena pouze kontrola na krut.



Obr. 7.3: Schéma drážky pro pero v hřídeli v místě 1

$$d_1 = 35mm$$

$$d_{j1} = 30,3mm$$

$$\tau_{k1} = \frac{M_{kh}}{W_{k1}} \quad (7.6)$$

$$\tau_{k1} = \frac{M_{kh}}{\frac{\pi \cdot d_{j1}^3}{16}}$$

$$\tau_{k1} = \frac{106000}{\frac{\pi \cdot 30,3^3}{16}}$$

$$\tau_{k1} = 19,406Mpa$$

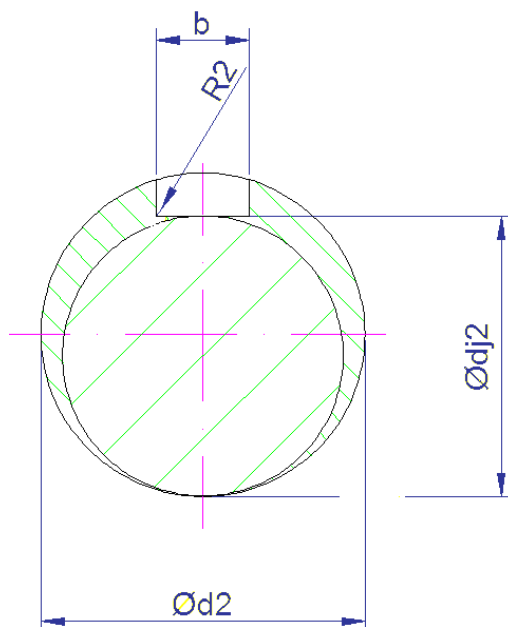
$$\tau_{DOVK1} = 65MPa$$

$$\tau_{k1} < \tau_{DOVK1} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průřez vyhovuje. Hodnota τ_{DOVK1} byla zvolena pro materiál 11600 při míjivém namáhání v krutu.

7.1.2 Kritický průřez 2

V místě kritického průřezu **2** je hřídel zatížena největším krouticím momentem a současně největším ohybovým momentem. Také je ztenčena drážkou pro těsné pero. Proto je provedena kontrola na ohyb i krut.



Obr. 7.4: Schéma drážky pro pero v hřídeli v místě 2

$$d_2 = 60mm$$

$$d_{j2} = 53,2mm$$

Kontrola na krut

$$\tau_{k2} = \frac{M_{kh}}{W_{k2}} \quad (7.7)$$

$$\tau_{k2} = \frac{106000}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}}$$

$$\tau_{k2} = \frac{106000}{\frac{\pi \cdot 53,2^3}{16}}$$

$$\tau_{k2} = 3,58Mpa$$

Ohybový moment v kritickém průřezu 2

$$M_{o2} = R_a \cdot A_L + \frac{T}{2} \cdot (B_L - A_L) - R_B \cdot (C_L - A_L) \quad (7.8)$$

$$M_{o2} = 2308,5 \cdot 225 + \frac{4446}{2} \cdot (400 - 225) - 2137,5 \cdot (650 - 225)$$

$$M_{o2} = -225000 N \cdot mm$$

Kontrola na ohyb

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{o2}}{W_o} \quad (7.9)$$

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{o2}}{\frac{\pi \cdot d_{j2}^3}{16}}$$

$$\sigma_{o2} = \frac{225000}{\frac{\pi \cdot 53,2^3}{16}}$$

$$\sigma_{o2} = 7,62 Mpa$$

Redukované napětí

$$\sigma_{red2} = \sqrt{\sigma_{o2}^2 + 3 \cdot \tau_{k2}^2} \quad (7.10)$$

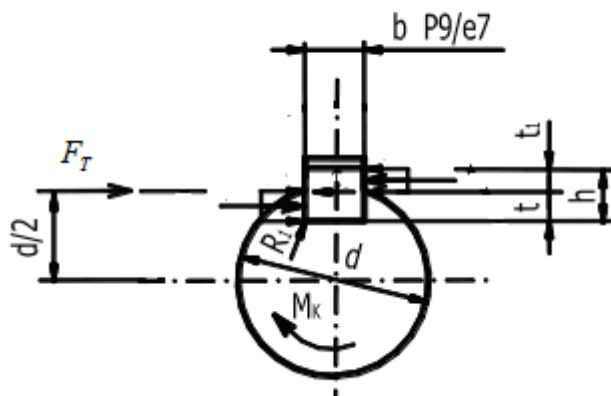
$$\sigma_{red2} = \sqrt{7,62^2 + 3 \cdot 3,58^2}$$

$$\sigma_{red2} = 14 Mpa$$

$$\sigma_{DOV} = 55 MPA$$

$$\sigma_{red2} \prec \sigma_{DOV} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

8 Kontrola per



Obr. 8.1: Schéma uložení těsného pera [5]

Kontrola pera v bodě 1

V bodě 1 se nachází Pero 10e7x8x80 ČSN 02 2562.

Šířka pera: $b_1 = 10mm$

Délka pera: $l_1 = 80mm$

Hloubka drážky v náboji: $t_{1,1} = 3,3mm$

Dovolené napětí ve stříhu: $\tau_{Ds} = 65Mpa$

Dovolené napětí v tlaku: $p_D = 110Mpa$

Kontrola na stříh v bodě 1

$$\tau_{s1} = \frac{F_{T1}}{S_1} \leq \tau_{Ds} \quad (8.1)$$

$$\tau_{s1} = \frac{F_{T1}}{10 \cdot 80} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_{s1} = \frac{6997}{10 \cdot 80} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_{s1} = 9Mpa$$

$$\tau_{s1} < \tau_{Ds}$$

$$9 < \tau_{Ds} 65 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$F_{T1} = \frac{M_{kh}}{\frac{d_{j1}}{2}} \quad (8.2)$$

$$F_{T1} = \frac{106000}{\frac{30,3}{2}}$$

$$F_{T1} = 6997N$$

Kontrola na otláčení

$$p_1 = \frac{F_{T1}}{S_1} \leq p_D \quad (8.3)$$

$$p_1 = \frac{F_{T1}}{l_1 \cdot t_{1,1}} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{6997}{80 \cdot 3,3} \leq p_D$$

$$p_1 = 27MPa$$

$$p < p_D$$

$$27 < 110 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola pera v bodě 2

V bodě **2** se nachází Pero 18e7x11x55 ČSN 02 2562.

Šířka pera:	$b_2 = 11mm$
-------------	--------------

Délka pera:	$l_2 = 55mm$
-------------	--------------

Hloubka drážky v náboji:	$t_{1,2} = 4,2$
--------------------------	-----------------

Dovolené napětí ve střihu:	$\tau_{Ds} = 65Mpa$
----------------------------	---------------------

Dovolené napětí v tlaku:	$p_D = 110Mpa$
--------------------------	----------------

Kontrola na střiž v bodě 2

$$\tau_{s2} = \frac{F_{T2}}{S_2} \leq \tau_{Ds} \quad (8.4)$$

$$\tau_{s2} = \frac{F_{T2}}{b_2 \cdot l_2} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_{s2} = \frac{3985}{11 \cdot 55} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_{s2} = 7 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{s2} < \tau_{Ds}$$

$7 < 65 \Rightarrow$ vyhovuje

$$F_{T2} = \frac{M_{kh}}{\frac{d_{j2}}{2}} \quad (8.5)$$

$$F_{T2} = \frac{106000}{\frac{53,2}{2}}$$

$$F_{T2} = 3985 \text{ N}$$

Kontrola na otláčení

$$p_2 = \frac{F_{T2}}{S} \leq p_D \quad (8.6)$$

$$p_2 = \frac{F_{T2}}{l_2 \cdot t_{1,2}} \leq p_D$$

$$p_2 = \frac{3985}{55 \cdot 4,2} \leq p_D$$

$$p_2 = 18 \text{ MPa}$$

$$p < p_D$$

$18 < 110 \Rightarrow$ vyhovuje

9 Kontrola ložisek

Ložiska hřídele hnacího bubnu

Volím ložiskovou jednotku SKF SY 60 TF, která se skládá z ložiska YAR 212-204-2F a ložiskového tělesa FY 512U. Pomocí stavěcích šroubů, které jsou umístěny ve vnitřním kroužku ložisek, je možno zajistit posun těchto ložisek v axiálním směru. V rámci tepelné dylatace a zachování staticky určitého uložení je zajištěno stavěcím šroubem pouze jedno ložisko. [7]

$$F_a = 0N$$

$$F_R = R_a = 2308,5N$$

$$C_0 = 36000N$$

$$C = 52700N$$

$$L_{10H} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} \quad (9.1)$$

$$\frac{F_a}{F_R} = \frac{0}{2308,5} = 0 < e \Rightarrow X = 1, Y = 0$$

$$F_e = X \cdot F_R + Y \cdot F_a \quad (9.2)$$

$$F_e = 1 \cdot 2308,5 + 0 \cdot 0$$

$$F_e = 2308,5N$$

$$L_{10H1} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60}$$

$$L_{10H1} = \left(\frac{52700}{2308,5} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{0,9947 \cdot 60}$$

$$L_{10H1} = 382506hod$$

kde:

L_{10H1} - základní trvanlivost ložiska hnacího bubnu [h]

- C_0 - dynamická únosnost ložiska [N]
- C - statická únosnost ložiska [N]
- F_e - ekvivalentní zatížení ložiska [N]



Obr. 9.1: Ložisková jednotka SKF SY 60 TF [7]

Ložiska hřídele vratného bubnu

Volím ložiskovou jednotku SKF FY 40 TR, která se skládá z ložiska YAR 208-2RF/HV a ložiskového tělesa FY 508M. Pomocí stavěcích šroubů, které jsou umístěny ve vnitřním kroužku ložisek, je možno zajistit posun těchto ložisek v axiálním směru.

[7]

$$F_a = 0N$$

$$F_R = F_z / 2 = 1900N$$

$$C_0 = 19000N$$

$$C = 24700N$$

$$L_{10H} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60}$$

$$\frac{F_a}{F_R} = \frac{0}{1900} = 0 \Rightarrow X = 1, Y = 0$$

$$F_e = X \cdot F_R + Y \cdot F_a$$

$$F_e = 1 \cdot 1900 + 0 \cdot 0$$

$$F_e = 1900 N$$

$$L_{10H2} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} \quad (9.3)$$

$$L_{10H2} = \left(\frac{24700}{1900} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{0,9947 \cdot 60}$$

$$L_{10H2} = 21782 \text{ hod}$$

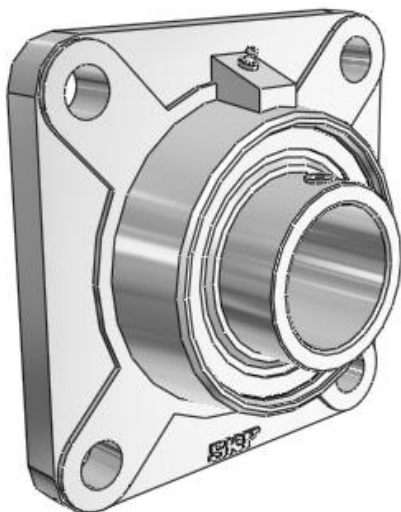
kde:

L_{10H2} - základní trvanlivost ložiska vratného bubnu [h]

C_0 - dynamická únosnost ložiska [N]

C - statická únosnost ložiska [N]

F_e - ekvivalentní zatížení ložiska [N]



Obr. 9.2: Ložisková jednotka SKF FY 40 TR [7]

10 Technický popis

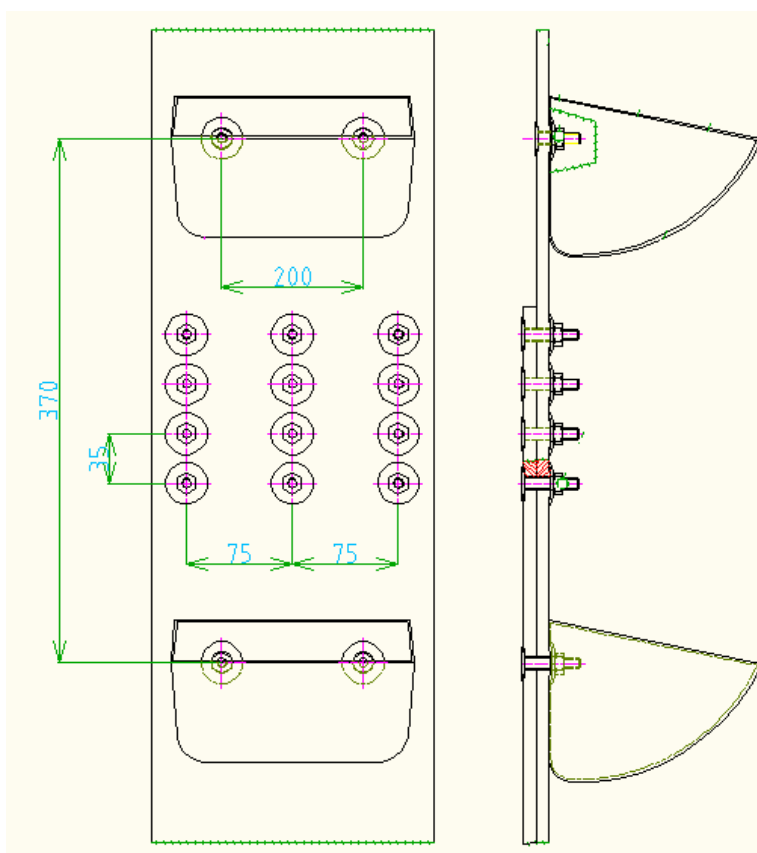
Elevátor je určen k svislé dopravě tryskacího materiálu. Skříň je tvořena stojící uzavřenou ocelovou konstrukcí skládající se z:

- paty elevátoru, ve které je umístěna napínací stanice a násyp materiálu
- hlavy elevátoru, ve které je umístěn poháněcí stanice a výsyp materiálu
- šachty

Poháněcí mechanismus je umístěn v hlavě elevátoru a skládá se z: elektromotoru, násuvné šnekové převodovky. Na opačné straně hřídele bubnu je umístěna volnoběžná spojka.

Buben je uložen v ložiskových komorách od firmy SKF, které se skládají z ložiskového tělesa a ložiska. Napínací mechanismus je umístěn v patě elevátoru a je realizován pomocí napínacích šroubů.

V elevátoru je použit dopravní pás spojený sešroubováním.



Obr. 6.1: Způsob upevnění korečků a spojení dopravního pásu

11 Závěr

V mé bakalářské práci jsem řešil návrh korečkového elevátoru určeného pro dopravu tryskacího materiálu.

Zvolená rychlost dopravního pásu činí 1,25m/s. Poháněcí stanice se skládá z násuvné šnekové převodovky od firmy Tos Znojmo, a. s., 4 - pólového asynchronního motoru od firmy Siemens, a. s. o výkonu 0,75kW. Na opačné straně hřídele hnacího bubnu je umístěna volnoběžná spojka GV firmy TEA technik. Korečky a dopravní pás jsou dodávány firmou Gumex, s. r. o. Dopravní pás z PVC o šířce 200 mm je spojen za pomoci šroubů. Dopravní bubny jsou uloženy v ložiskových komorách od firmy SKF, která se skládá z ložiskového tělesa a ložiska. Napínací mechanismus je umístěn v patě elevátoru a je realizován pomocí napínacích šroubů.

Všechny kontrolní výpočty prokázaly správnost navrhovaného řešení. Dále jsem provedl pevnostní kontrolu hřídele hnacího bubnu v kritických místech, per na hřídeli a ložisek.

Součástí bakalářské práce je i příslušná technická dokumentace vztahující se k navrženému dopravnímu zařízení.

SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

[1] Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001. 99 s., ISBN 80-248-0043-8.

[2] Polák, J., Bailloti, K., Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2003. 104 s., ISBN 80-248 – 0493 – X.

[3] Cvekl, Z., Dražan, F. a kolektiv: Teoretické základy transportních zařízení. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1976, 319 s.

[4] Dražan, F., Kupka, L. a kolektiv: Transportní zařízení. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1966, 456 s.

[5] Leinveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky. 1. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2003, 868 s., ISBN 80-86490-74-2.

[6] www.gumex.cz

[7] www.skf.cz

[8] www.tos-znojmo.cz/

[9] www.siemens.com

SEZNAM PŘÍLOH

	NÁZEV	OZNAČENÍ
Příloha č. 1	KOREČKOVÝ ELEVÁTOR	SPU061_01
Příloha č. 2	HLAVA ELEVÁTORU	SPU061_01_01
Příloha č. 3	HNACÍ BUBEN	SPU061_01_02
Příloha č. 4	PLÁŠŤ BUBNU	SPU061_01_03
Příloha č. 5	ČELO BUBNU	SPU061_01_04
Příloha č. 6	NÁBOJ BUBNU	SPU061_01_05